

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-25714

⑮ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)1月29日

G 01 C 19/56

6964-2F

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全10頁)

⑭ 発明の名称 二軸振動ジャイロ

⑯ 特 願 平2-130324

⑰ 出 願 平2(1990)5月22日

⑱ 発 明 者 寺 嶋 厚 吉 東京都大田区東糀谷2丁目12番14号 赤井電機株式会社内

⑲ 出 願 人 赤井電機株式会社 東京都大田区東糀谷2丁目12番14号

⑳ 代 理 人 弁理士 小川 順三 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

二軸振動ジャイロ

2. 特許請求の範囲

1. 三次元座標系のZ軸方向へ相互に平行に延在して、Y軸方向に間隔をおいて位置する二本の腕部材と、これらの腕部材を一体的に連結するベース部とで駆動振動子を構成し、この駆動振動子のベース部にZ軸方向へ突出する支持部材を設け、この支持部材の、Y軸と直交する側面に、圧電材料と電極とからなる検知手段の少なくとも二個を、X軸方向へ偏らせて取付けた振動ジャイロであって、

取付状態での検知手段の、前記圧電材料を、YZ面と平行をなす面内で、Y軸とのなす角度θが

$$n\pi < \theta < n\pi + \frac{\pi}{2} \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理するとともに、その圧電材料の、Y軸と直交する対抗面のそれぞれに電極を設けてなる二軸振動ジャイロ。

2. 三次元座標系のZ軸方向へ相互に平行に延在して、Y軸方向に間隔をおいて位置する二本の腕部材と、これらの腕部材を一体的に連結するベース部とで駆動振動子を構成し、この駆動振動子のベース部にZ軸方向へ突出する支持部材を設け、この支持部材の、Y軸と直交する少なくとも一側面に、圧電材料と電極とからなる検知手段を取付けた振動ジャイロであって、

取付状態での検知手段の、前記圧電材料を、YZ面と平行をなす面内で、Y軸とのなす角度θが

$$n\pi < \theta < n\pi + \frac{\pi}{2} \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理し、その圧電材料の、Y軸と直交する対抗面のそれぞれに電極を設けるとともに、それらの電極の少なくとも一方を、X軸方向に二分劃してなる二軸振動ジャイロ。

3. 三次元座標系のZ軸方向へ相互に平行に延在して、Y軸方向に間隔をおいて位置する二本の腕部材と、これらの腕部材を一体的に連結するベース部とで駆動振動子を構成し、この駆動振

動子のベース部に X 軸方向へ突出する支持部材を設け、この支持部材の、Y 軸と直交する側面に、圧電材料と電極とからなる検知手段の少なくとも二個を、Z 軸方向へ偏らせて取付けた振動ジャイロであって、

取付状態での検知手段の、前記圧電材料を、XY 面と平行をなす面内で、Y 軸とのなす角度 θ が

$$n\pi < \theta < n\pi + \frac{\pi}{2} \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理するとともに、その圧電材料の、Y 軸と直交する対抗面のそれぞれに電極を設けてなる二軸振動ジャイロ。

4. 三次元座標系の Z 軸方向へ相互に平行に延在して、Y 軸方向に間隔をおいて位置する二本の腕部材と、これらの腕部材を一体的に連結するベース部とで駆動振動子を構成し、この駆動振動子のベース部に X 軸方向へ突出する支持部材を設け、この支持部材の、Y 軸と直交する少なくとも一側面に、圧電材料と電極とからなる検知手段を取付けた振動ジャイロであって、

二本の腕部材 4、5 の下端部を、Y 軸方向へ延びるベース部 6 に一体的に連結してなる駆動振動子 7 を、支持部材 8 を介して基台 9 に固定するとともに、その駆動振動子 7 のベース部 6 に、X 軸方向へ突出する検知手段 10 を設けることにより構成されている。

かかる振動ジャイロでは、例えば、それぞれの腕部材 4、5 に設けた駆動手段 11、12 に交流電圧を印加して、それらの腕部材 4、5 を、圧電的方法、電磁的方法などによって Y 軸方向へ対称振動させつつ、駆動振動子 7 を Z 軸の周りに角速度 ω_z で回動させると、ある瞬間に速度 V で運動しているそれぞれの腕部材 4、5 に、X 軸方向の、相互に逆向きのコリオリの力 F_{cx} が発生する。

ここで、腕部材 4、5 の速度 V は交替的に変化するので、コリオリの力 F_{cx} は、両腕部材 4、5 の振動数で変調された形で生じ、駆動振動子 7 は基台 9 に対して Z 軸の周りにねじれ振動することになり、そのねじれ角は、コリオリの力 F_{cx} 、ひいては角速度 ω_z に比例する。

取付状態での検知手段の、前記圧電材料を、XY 面と平行をなす面内で、Y 軸とのなす角度 θ が

$$n\pi < \theta < n\pi + \frac{\pi}{2} \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理し、その圧電材料の、Y 軸と直交する対抗面のそれぞれに電極を設けるとともに、それらの電極の少なくとも一方を Z 軸方向に二分割してなる二軸振動ジャイロ。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、角速度を検出する目的の下で、コリオリの力を検知する振動ジャイロ、なかでもとくに、単一の装置で、直交三次元座標系の二軸の周りのそれぞれの角速度の検出を可能ならしめる二軸振動ジャイロに関するものである。

(従来の技術)

従来既知の振動ジャイロとしては、例えば、第 11 図に示すものがある。

これは、三次元座標系の Z 軸方向へ相互に平行に延在して Y 軸方向に所定の間隔をおいて位置す

そこでこの従来装置では、そのねじれ振動の大きさを、X 軸方向へ突出する検知手段 10 により、圧電的方法、電磁的方法などをもって検知することとしており、例えば、バイモルフ素子その他を用いた圧電的方法では、ねじれ振動を検知手段 10 のたわみ振動に変換し、たわみ量に応じてバイモルフ素子が発生する電荷を電圧として抽出して検知することとしている。

ところが、かかる従来技術にあっては、それぞれの腕部材 4、5 の質量のアンバランス、長さのアンバランスなどにより、腕部材 4、5 の振動が、ベース部 6 の、Y 軸方向への不要な振動を引き起こすことに起因して、検知手段 10 が、その不要な振動によって発生される信号をも出力することになるため、角速度 ω_z が零であるにもかかわらず、コリオリの力を検知しているかの如き状態、すなわち、オフセットを発生し、S/N 比、ひいては検出感度の低下をもたらすという問題があった。

そこで、従来技術のかかる問題を解決すべく、出願人は先に、S/N 比のすぐれた高感度の振動

ジャイロとして、第12図に例示するように、駆動振動子7のベース部6からZ軸方向へ突出させて設けた支持部材8の一側面に、Z軸方向へ分極処理した圧電材料と、この圧電材料の、Y軸と直交する対抗面のそれぞれに設けた電極とからなる検知手段13を、その一方の電極を支持部材8に接触させた状態で、X軸方向へ偏らせて固定してなる振動ジャイロを提案した(特願平1-270366号)。

この振動ジャイロでは、それぞれの腕部材4、5に、質量、長さなどのアンバランスがあっても、検知手段13は、それらのアンバランスに起因して発生する振動によっては、電極間に電荷を発生することがなく、コリオリの力 F_{cx} によってZ軸の周りに発生するねじれ振動の大きさに応じた電荷だけを発生するので、腕部材のアンバランスの影響を有効に取り除いて、検知感度を十分に向上させることができる。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、このような本出願人が本願に先行して提案した技術では、Z軸の周りの角速度 ω_z

だけが検出可能であり、他の軸の周りの角速度は検出不能であるため、たとえば、映像撮影の際の撮影機の上下および左右両方向の振れの防止や、飛翔体の運動制御のために二軸の周りでの制御が必要となった場合には、二台の振動ジャイロを用いることが必要になり、制御機内での振動ジャイロの占める体積が過大となる問題があった。それゆえに、振動ジャイロの小型化や、二軸の周りでの角速度の検出が可能な振動ジャイロの出現が強く望まれていた。

この発明は、このような要求を満たすべくなされたものであり、振動ジャイロの大型化をもたらすことなく、二軸の周りの角速度を検出することができる二軸振動ジャイロを提供するものである。

〔課題を解決するための手段〕

この発明の二軸振動ジャイロは、とくに、二本の腕部材とベース部とからなる駆動振動子のベース部、好ましくはその中央部分に、Z軸方向へ突出する支持部材を設け、この支持部材の、Y軸と直交する一方の側面もしくは対抗側面のそれぞれ

に、圧電材料と電極とからなる検知手段の少なくとも二個を、X軸方向へ偏らせて取付けたところにおいて、取付状態での検知手段の、前記圧電材料を、YZ面と平行をなす面内で、Y軸とのなす角度 θ が

$$n\pi < \theta < n\pi + \pi/2 \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理するとともに、その圧電材料の、Y軸と直交する対抗面のそれぞれに電極を設けたもの、

もしくは、前記検知手段に代え、圧電材料を、YZ面と平行をなす面内で、Y軸とのなす角度 θ が

$$n\pi < \theta < n\pi + \pi/2 \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理し、その圧電材料の、Y軸と直交する対抗面のそれぞれに電極を設けるとともに、それらの電極の少なくとも一方をX軸方向に二分割することにより検知手段を構成し、このような検知手段を、支持部材の、Y軸と直交する少なくとも一側面に、たとえばその全幅にわたって取付けたもの、

または、二本の腕部材とベース部とからなる駆動振動子のベース部、好ましくはその中央部分に、X軸方向へ突出する支持部材を設け、この支持部材の、Y軸と直交する一方の側面もしくは対抗側面のそれぞれに、圧電材料と電極とからなる検知手段の少なくとも二個を、Z軸方向へ偏らせて取付けたところにおいて、取付状態での検知手段の、前記圧電材料を、YZ面と平行をなす面内で、Y軸とのなす角度 θ が

$$n\pi < \theta < n\pi + \pi/2 \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理するとともに、その圧電材料の、Y軸と直交する対抗面のそれぞれに電極を設けたもの、

もしくは、その検知手段に代えて、圧電材料を、YZ面と平行をなす面内で、Y軸とのなす角度 θ が

$$n\pi < \theta < n\pi + \pi/2 \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理し、その圧電材料の、Y軸と直交する対抗面のそれぞれに電極を設けるとともに、それらの電極の少なくとも一方をZ軸方向

に二分割することにより検知手段を構成し、このような検知手段を、支持部材の、Y軸と直交する少なくとも一側面に、たとえばその全幅にわたって取付けたものである。

〔作用〕

先ずは、第13図に示すように、三次元座標系のZ軸方向へ相互に平行に延在して、Y軸方向に所定の間隔をおいて位置する二本の腕部材4、5の下端部を、Y軸方向へ延びるベース部6によって一体的に連結してなる駆動振動子7において、駆動振動子7の回転運動に伴って発生するコリオリの力と、このコリオリの力によって、駆動振動子7に作用するモーメントとを考へる。

腕部材4、5をY軸方向に対称振動させつつ、駆動振動子7をZ軸の周りに角速度 ω_z で回転させると、それぞれの腕部材4、5に、前述したような、X軸方向の、相互に逆向きのコリオリの力 F_{cx} が発生する。これに加えて、X軸の周りにまた角速度 ω_x で回転させると、それらの腕部材4、5には、Z軸方向の、相互に逆向きのコリオリの

力 F_{cz} も発生する。従って、駆動振動子全体としてみると、そこには、Z軸とX軸との二軸の周りでの回転運動に基づき、コリオリの力 F_{cx} に起因する、Z軸の周りのモーメント M_{tz} の他、コリオリの力 F_{cz} に起因する、X軸の周りのモーメント M_{tx} が作用する。

そこで、第14図に例示するように、駆動振動子7のベース部6、好ましくはその中央部分に、Z軸方向へ突出する支持部材8aを設け、この支持部材8aを図示しない基台に固定した場合には、支持部材8aは、モーメント M_{tz} による、Z軸周りのねじれ変形と、モーメント M_{tx} による、Y軸方向のたわみ変形とを生じることになる。この一方において、ベース部6の、これも好ましくは中央部分に、図に仮想線で示すように、X軸方向へ突出する支持部材8bを設け、その先端を図示しない基台に固定した場合は、その支持部材8bは、モーメント M_{tz} による、Y軸方向のたわみ変形と、モーメント M_{tx} による、X軸周りのねじれ変形とを生じることになる。それ故に、駆動用振動子7に、Z

軸方向もしくはX軸方向へ突出する支持部材を設け、その支持部材に生じるねじれ変形およびたわみ変形の双方を検知できる検知手段をそこに配設することによって、2軸の周りの角速度 ω_z 、 ω_x の両者を検出可能な二軸振動ジャイロを構成することができる。

次いで、ねじれ変形およびたわみ変形のそれぞれを検知できる検知手段の作動原理について説明する。

圧電材料に応力 T と電界 E とが加わった場合に発生する電気変位 \vec{D} を式にて表すと、

$$\begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} & d_{15} & d_{16} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} & d_{25} & d_{26} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} & d_{35} & d_{36} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \\ T_5 \\ T_6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_{11} & e_{12} & e_{13} \\ e_{21} & e_{22} & e_{23} \\ e_{31} & e_{32} & e_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{pmatrix} \quad \dots\dots(1)$$

となり、圧電材料としてチタン酸ジルコン酸鉛を例にとると、応力 T だけが加わった場合の電気変位は、

$$\begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & d_{15} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_{15} & 0 & 0 \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \\ T_5 \\ T_6 \end{pmatrix} \quad \dots\dots(2)$$

で表される。

なおここにおいて、加わる応力 $T_1 \sim T_6$ は、第15図および第16図で示される方向に作用するものとし、圧電材料は白抜矢印で示すように、第3軸方向に分極されているものとする。

ここで、第17図に示すように、第1軸および第3軸を、第2軸の周りに角度 θ だけ変位させてなる $u v w$ 座標系内に配置した圧電材料17に、応力が作用した場合について考へる。

第18図に示すように、 u 軸と直交する面に引張りまたは圧縮応力 σ_u が作用すると、第1軸に直交する面18には、

$$\sigma_{\theta_1} = \sigma_u \cos^2 \theta \quad \dots\dots(3)$$

で表わされる引張りまたは圧縮応力が作用すると

ともに、

$$\tau_{\theta_1} = -(\sigma u \sin 2\theta)/2 \quad \dots\dots(4)$$

で表わされる剪断応力が作用する。

また、第19図に示すように、 v 軸(第2軸)周りに剪断応力 τv が作用すると、第1軸と直交する面18には、

$$\sigma_{\theta_2} = \tau v \sin 2\theta \quad \dots\dots(5)$$

で表わされる引張りまたは圧縮応力の他、

$$\tau_{\theta_2} = \tau v \cos 2\theta \quad \dots\dots(6)$$

で表わされる剪断応力が作用する。

同様に、第3軸に直交する面には、引張りまたは圧縮応力 σu によって、

$$\sigma_{\theta_1'} = \sigma u \cos^2(\theta + \pi/2) = \sigma u \sin^2 \theta \quad \dots\dots(7)$$

$$\tau_{\theta_1'} = \{-\sigma u \sin 2(\theta + \pi/2)\}/2 \\ = -(\sigma u \sin 2\theta)/2 \quad \dots\dots(8)$$

で表わされる引張りまたは圧縮応力と剪断応力とが作用し、剪断応力 τv によって、

$$\sigma_{\theta_2'} = \tau v \sin 2(\theta + \pi/2) = -\tau v \sin 2\theta \quad \dots\dots(9)$$

$$\tau_{\theta_2'} = \tau v \cos 2(\theta + \pi/2) = -\tau v \cos 2\theta \quad \dots\dots(10)$$

で表わされる引張りまたは圧縮応力と剪断応力と

び v 軸周りの剪断応力 τv はそれぞれ、

$$\tau w = \frac{9}{16} \cdot \frac{\pi t}{b^2 h} \cdot \frac{1}{b} \left[1 - \left(\frac{v}{h} \right)^2 \right] w \quad \dots\dots(11)$$

$$D v = \frac{9}{16} \cdot \frac{\pi t}{b^2 h} \cdot \frac{b}{h^2} \left[1 - \left(\frac{w}{b} \right)^2 \right] v \quad \dots\dots(12)$$

で与えられる。

従って、 $u v w$ 座標系において、圧電材料にそれぞれの応力 $\sigma u, \tau v$ が作用すると、123座標系の第1軸と直交する面および第3軸と直交する面のそれぞれに囲まれた圧電材料の小ユニットには、

$$T_1 = \sigma_{\theta_1} + \sigma_{\theta_2} = \sigma u \cos^2 \theta + \tau v \sin 2\theta \quad \dots\dots(13)$$

$$T_2 = \sigma_{\theta_1'} + \sigma_{\theta_2'} = \sigma u \sin^2 \theta - \tau v \sin 2\theta \quad \dots\dots(14)$$

$$T_3 = \tau_{\theta_1} + \tau_{\theta_2} = \tau v \cos 2\theta - (\sigma u \sin 2\theta)/2 \quad \dots\dots(15)$$

なる応力が作用することになり、第20図に示すようにして圧電材料17を柱状部材20に接合した場合において、その圧電材料17の面 w_1, w_2 に電極を設けると、電気変位 \vec{D} は、

が作用する。

これがため、第17図に示すような圧電材料17を、柱状部材の側面に、 w 軸と直交する面 w_1, w_2 のいずれか一方が接するように、たとえば第20図に示すように、基台19に固定した柱状部材20に、面 w_1 を接触させて接合した場合は、柱状部材20に、 w 軸方向のたわみ変形および u 軸周りのねじれ変形が生じると、圧電材料17には、そのたわみ変形に起因する、 u 軸方向の圧縮または引張応力が発生するとともに、ねじれ変形に起因する、 v 軸周りおよび w 軸周りの剪断応力が発生することになる。

参考までに、ねじれ変形による、 v 軸まわりおよび w 軸周りの剪断応力は、次のような原理で発生する。

第21図に示すように、基台19から u 軸方向へ突出する、直六面体形状の柱状部材20が、基台19の固定下で、偶力 Mt を受けて振られる場合を考えると、その柱状部材20の横断面寸法が $2b \times 2h$ であるときには、第22図に示すように横断面内の、任意の点 $P(v, w)$ での、 w 軸周りの剪断応力 τw およ

$$\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & d_{15} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_{15} & 0 & 0 \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma u \cos^2 \theta + \tau v \sin 2\theta \\ 0 \\ \sigma u \sin^2 \theta - \tau v \sin 2\theta \\ 0 \\ \tau v \cos 2\theta - (\sigma u \sin 2\theta)/2 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \dots\dots(16)$$

となる。

ここで、 w 軸が第3軸に対して角度 θ だけ変位していることを考慮すると、 w 軸方向の電気変位 D_w は、

$$D_w = D_1 \sin \theta + D_3 \cos \theta \quad \dots\dots(17)$$

となり、従って、

$$D_w = d_{15} \{ \tau v \cos 2\theta - (\sigma u \sin 2\theta)/2 \} \sin \theta \\ + \{ d_{31} (\sigma u \cos^2 \theta + \tau v \sin 2\theta) \\ + d_{32} (\sigma u \sin^2 \theta - \tau v \sin 2\theta) \} \cos \theta \quad \dots\dots(18)$$

となる。

ところで、前記11, 12式および15式から明らかに、第22図の $v w$ 座標系では、第1象現21と第3象現23、第2象現22と第4象現24とで、それぞれの剪断応力 $\tau w, \tau v$ の極性が相違するので、第20図の、 w 軸と直交する面の全体に圧電材

料を接合しただけでは、剪断応力 τv がたとえ発生していても、それによる電気変位は全体として零となり、電極には電荷は発生しない。

加えて、角度 θ が $n\pi$ (n は整数) のときには、図式から明らかなように、ねじれ変形による剪断応力 τv が発生していても、その剪断応力 τv による電気変位は零となり、また、その角度 θ が、 $n\pi + \pi/2$ (n は整数) のときには、たわみ変形による、引張りもしくは圧縮応力 σu が発生していても、それによる電気変位は零となるので、角度 θ が、 $n\pi$ 、 $n\pi + \pi/2$ のときは、ねじれ変形とたわみ変形のいずれか一方に対して感度を有しないことになる。

そこでこの発明では、基本的には、 w 軸となす角度 θ が

$$n\pi < \theta < n\pi + \pi/2 \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理した圧電材料を主体として構成した二個の検知手段を、柱状部材の、 w 軸と直交する側面に、 v 軸方向へ偏らせて接合することとし、これによって、簡単な構造にして、二軸

って基台 9 に固定されている。

ここでこの例では、第 2 図に要部を拡大して示すところから明らかなように、支持部材 8 の、 Y 軸と直交する一方の側面に、一つの検知手段 30 を X 軸方向へ偏らせて取付けるとともに、 Y 軸と直交する他方の側面に、他の検知手段 30 を、これもまた X 軸方向へ偏らせて取付けて、両検知手段 30 を、支持部材 8 を隔てて対向させることにより二軸振動ジャイロを構成する。

なおここにおいて、 XYZ 座標系と、前述した uvw 座標系とは、 X 軸と v 軸、 Y 軸と w 軸、そして Z 軸と u 軸をそれぞれ対応させることによって共通の座標系となる。

ところで、図示例のそれぞれの検知手段 30 は、圧電材料 31 を、 YZ 面と平行をなす面内で、 Y 軸となす角度 θ が

$$n\pi < \theta < n\pi + \pi/2 \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理したところにおいて、その圧電材料 31 の、 Y 軸と直交する対向面のそれぞれに、その圧電材料 31 と同幅の電極 32 を設けてなり、

検知可能な小型の振動ジャイロを得ることとした。

なおここで、電気変位をより効果的に出力させるためには、 w 軸と直交する面の、幅方向の中央部を境としてその各半部に検知手段を接合することが好ましい。

〔実施例〕

以下にこの発明の実施例を図面に基づいて説明する。

第 1 図は、この発明の一実施例を示す斜視図であり、図中、従来技術および本出願人の先行して提案した前記技術で述べた部分と同様の部分は、それらと同一の番号で示す。

すなわち、4、5 はそれぞれ、 Z 軸方向へ相互に平行に延在して、 Y 軸方向に所定の間隔をおいて位置する腕部材を示し、6 は、それら腕部材 4、5 を、図では下端部に一体的に連結するベース部をそれぞれ示す。また、7 は、腕部材 4、5 とベース部 6 とからなる駆動振動子を示し、この駆動振動子 7 は、そのベース部 6、好ましくはその中央部分から Z 軸方向へ突設した支持部材 8 によ

各検知手段 30 の一方の電極 32 は支持部材 8 に面接触する。

このことによれば、支持部材 8 に、 w 軸方向のたわみ変形および u 軸周りのねじれ変形のそれぞれが生じたときに、一方の検知手段 30、第 2 図では手前側の検知手段 30 に、電気変位 Dw_1 が

$$\begin{aligned} Dw_1 = & d_{15} \{ \tau v \cos 2\theta - (\sigma u \sin 2\theta)/2 \} \sin \theta \\ & + \{ d_{31} (\sigma u \cos^2 \theta + \tau v \sin 2\theta) \\ & + d_{33} (\sigma u \sin^2 \theta - \tau v \sin 2\theta) \} \cos \theta \\ & \dots\dots (18-1) \end{aligned}$$

の大きさで発生すると、図の後方側に位置する他方の検知手段 30 の電気変位 Dw_2 は、剪断応力 τv の作用方向は同方向で、引張りまたは圧縮応力 σu の作用方向が反対となることにより、

$$\begin{aligned} Dw_2 = & d_{15} \{ \tau v \cos 2\theta + (\sigma u \sin 2\theta)/2 \} \sin \theta \\ & + \{ d_{31} (-\sigma u \cos^2 \theta + \tau v \sin 2\theta) \\ & + d_{33} (-\sigma u \sin^2 \theta - \tau v \sin 2\theta) \} \cos \theta \\ & \dots\dots (18-2) \end{aligned}$$

となる。そこで、(18-1) 式と (18-2) 式の和をとると、

$$\begin{aligned} D_{w_1} + D_{w_2} \\ = 2 \tau v (d_{15} \cos 2\theta \sin \theta + d_{31} \sin 2\theta \cos \theta \\ - d_{33} \sin 2\theta \cos \theta) \quad \cdots \cdots (18-2) \end{aligned}$$

(18-1)式と(18-2)式の差をとると、

$$\begin{aligned} D_{w_1} - D_{w_2} \\ = 2 \sigma u \{ (-d_{15}(\sin 2\theta \sin \theta)/2 + d_{31} \cos^2 \theta \\ + d_{33} \sin^2 \theta \cos \theta) \} \quad \cdots \cdots (18-3) \end{aligned}$$

となり、和および差をとることにより、ねじれ変形およびたわみ変形のそれぞれを、相互に分離して検知することが可能となる。なお、加算もしくは減算のいずれか一方だけを行えば、単軸検知として、それらの変形の方だけを検知し得ることは勿論である。

第3図(a)は、手前側の検知手段30の圧電材料31を角度 θ の方向へ分極処理し、後方側の検知手段30の圧電材料31を角度 $\theta + \pi$ の方向へ分極処理した例であり、ここでは、手前側の検知手段30に発生する電気変位 D_{w_1} が

$$\begin{aligned} D_{w_1} = d_{15} \{ \tau v \cos 2\theta - (\sigma u \sin 2\theta)/2 \} \sin \theta \\ + \{ d_{31}(\sigma u \cos^2 \theta + \tau v \sin 2\theta) \\ + d_{33}(\sigma u \sin^2 \theta - \tau v \sin 2\theta) \} \cos \theta \quad \cdots \cdots (18-3) \end{aligned}$$

のとき、後方側の検知手段30の電気変位 D_{w_2} は、

$$\begin{aligned} D_{w_2} = -d_{15} \{ \tau v \cos 2\theta + (\sigma u \sin 2\theta)/2 \} \sin \theta \\ - \{ d_{31}(-\sigma u \cos^2 \theta + \tau v \sin 2\theta) \\ + d_{33}(-\sigma u \sin^2 \theta - \tau v \sin 2\theta) \} \cos \theta \quad \cdots \cdots (18-4) \end{aligned}$$

となる。従って、(18-3)式と(18-4)式との和

$$\begin{aligned} D_{w_1} + D_{w_2} \\ = 2 \sigma u \{ -d_{15}(\sin 2\theta \sin \theta)/2 + \\ d_{31} \cos^2 \theta + d_{33} \sin^2 \theta \cos \theta \} \quad \cdots \cdots (18-5) \end{aligned}$$

から、引張または圧縮応力 σu を求めることができ、(18-3)式と(18-4)式との差

$$\begin{aligned} D_{w_1} - D_{w_2} \\ = 2 \tau v \{ (d_{15}(\cos 2\theta \sin \theta + d_{31} \sin 2\theta \cos \theta \\ - d_{33} \sin 2\theta \cos \theta) \} \quad \cdots \cdots (18-6) \end{aligned}$$

より剪断応力 τv を求めることができる。

なおこのことは、第3図(b)に示すように、支持部材8の、Y軸と直交する一方の側面に、二個の検知手段30を、X軸方向の逆方向へそれぞれ偏らせて取付けるとともに、一方の検知手段30の圧電材料31を、Y軸に対して角度 θ および $\theta + \pi$ の方向へそれぞれ分極処理した場合においても同様である。

以上に述べたような二個一対の検知手段30を、第1図に示すような支持部材8に適用することにより、Z軸周りの角速度 ω_z により発生されるコリオリの力 F_{cx} に基づく、支持部材8のねじれ変形が、剪断応力として検知され、また、X軸周りの角速度 ω_x によって発生されるコリオリの力 F_{cz} に基づく、支持部材8のたわみ変形が、引張りまたは圧縮応力として検知されることになる。

ここで、支持部材の突出方向を、第1図に示すところとは逆に、Z軸の正方向とすることも可能であり、このことによっても、図示例と同様の効果をもたらすことができる。

第4図は、他の実施例を示す斜視図であり、こ

れは、支持部材8を板状材料にて構成するとともに、その支持部材8の、Y軸と直交するそれぞれの面に取付けた検知手段30を、第5図に示すように構成したものであり、板状支持部材8とはほぼ等しい幅を有する圧電材料31を、YZ面と平行な面内でY軸とのなす角度 θ が

$$n\pi < \theta < n\pi + \pi/2 \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理し、その圧電材料31の、Y軸と直交する対向面のそれぞれに、圧電材料31と同幅の電極32を設けたところにおいて、それらの一方の電極を、X軸方向に二分割、好ましくは二等分してなる小電極32a、32bとすることによって検知手段30としたものである。

かかる検知手段30を、支持部材8の、Y軸と直交するそれぞれの面に取付けてなる図示の適用状態は、外觀としては、一般の厚み振動子によって弾性板を挟み込んだバイモルフと同様である。

この実施例では、コリオリの力 F_{cx} 、 F_{cz} のそれぞれに対し、第1図に示したものと同様の機能を発揮させることができる。

ところで、検知手段30は、第5図に示すところにおいて、支持部材側に位置する電極だけを分割することもできる他、両電極をともに分割することもでき、また、支持部材8の、Y軸と直交するいずれか一方の側面だけにそれを取付けることによって使用に供することもできる。

第6図は、支持部材の変更例を示す斜視図であり、これは、ベース部6の、好ましくは中央部分からX軸方向へ突設した支持部材38を図示しない基台に固定したところにおいて、支持部材38の、Y軸と直交する対向面のそれぞれに、検知手段30を、Z軸方向の一方側へ偏らせて取付けたものである。

なおこの例では、XYZ座標系と、前述したuvw座標系とは、X軸と-u軸、Y軸とw軸、そしてZ軸とv軸をそれぞれ対応させることによって共通の座標系となる。

ここにおける検知手段30は、第7図に示すところから明らかなように、圧電材料31を、XY面と平行をなす面内で、Y軸となす角度 θ が

$$n\pi < \theta < n\pi + \pi/2 \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理し、その圧電材料の、Y軸と直交する対向面のそれぞれに電極32を設けるとともに、それらの電極の一方を、Z軸方向に二分割、好ましくは二等分してなる小電極32a、32bとすることによって構成したものである。

かかる検知手段30を取付けた振動ジャイロは、コリオリの力 F_{cx} 、 F_{cz} に対し、第6図に示したものと同様の機能を発揮することができる。

第10図は、この発明のさらに他の実施例を示す斜視図であり、これは、2本の腕部材4、5のそれぞれを、それらの長さ方向の中央部位置で、ベース部6にて一体的に連結することによって、正面形状がほぼH字状をなす駆動振動子7を構成し、そしてそのベース部6から、Z軸の正負両方向へ突出させた支持部材8のそれぞれに、検知手段30を、第1図に示す実施例と同様にして取付けたものである。

$$n\pi < \theta < n\pi + \pi/2 \quad (n \text{ は整数})$$

となる方向へ分極処理するとともに、その圧電材料31の、Y軸と直交する対向面のそれぞれに電極32を設けることによって構成することができる。

この例の二軸振動ジャイロによれば、Z軸周りの角速度 ω_z によって発生するコリオリの力 F_{cx} に基づく、支持部材38のたわみ変形が、引張りまたは圧縮応力として検知され、また、X軸周りの角速度 ω_x によって発生するコリオリの力 F_{cz} に基づく、支持部材38のねじれ変形が、剪断応力として検知されることになる。

なお、たわみ変形による引張りまたは圧縮応力 σ_u と、ねじれ変形による剪断応力 τ_v との電気変位での分離は、第2図について述べたところと同様に行うことができる。

第8図は、検知手段の他の例を示す斜視図であり、支持部材38の、Y軸と直交する対向面のそれぞれに、支持部材38とほぼ同幅の検知手段30を取付けたものである。

この例の検知手段30は、第9図に示すように、

なお、この例においてもまた、検知手段の型式を適宜に変更できることはもちろんである。

(発明の効果)

以上に述べたところから明らかなように、この発明によれば、Z軸の周りの角速度と、X軸の周りの角速度とを単一の装置にて検出することができ、従来装置の二台分の機能を、一台の装置にて発揮させることが可能となる。

4. 図面の簡単な説明

第1図、第4図、第6図、第8図および第10図はそれぞれ、この発明の実施例を示す斜視図、

第2図、第3図、第5図、第7図および第9図はそれぞれ、検知手段の構成例を示す斜視図、

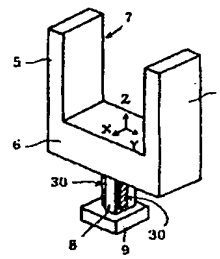
第11図は従来技術を、第12図は本出願人が先に本願に先行して提案した技術をそれぞれ示す斜視図、

第13図～第22図はそれぞれ、この発明の作動原理の説明図である。

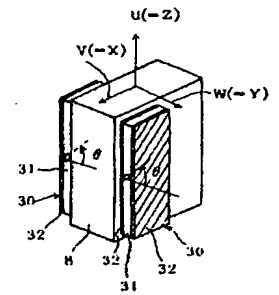
4, 5...腕部材、 6...ベース部、
7...駆動振動子、 8, 38...支持部材、
9...基台、 30...検知手段、 31...圧電材料、
32...電極、 32a, 32b...小電極。

特許出願人 赤井電機株式会社
代理人 弁理士 小川 順 三
同 弁理士 中 村 盛 夫

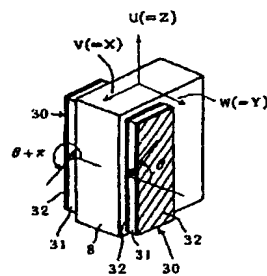
第 1 図



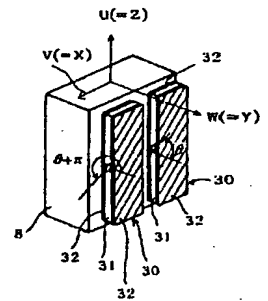
第 2 図



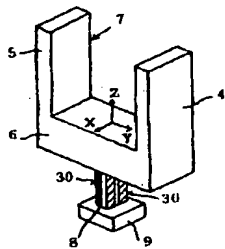
第 3 図 (a)



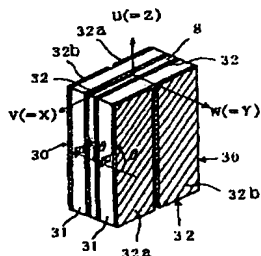
第 3 図 (b)



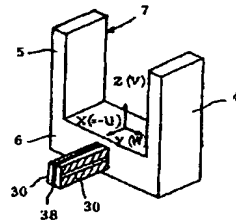
第 4 図



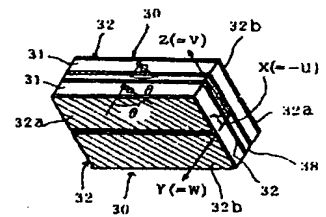
第 5 図



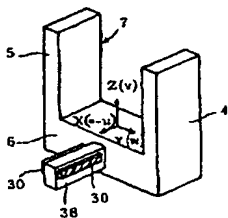
第 8 図



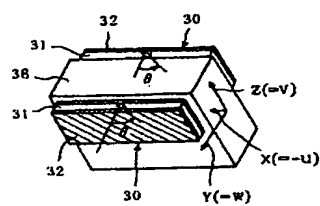
第 9 図



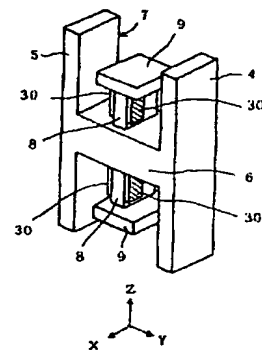
第 6 図



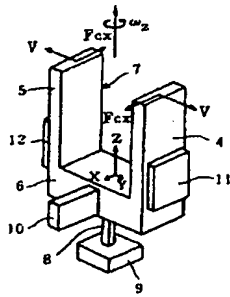
第 7 図



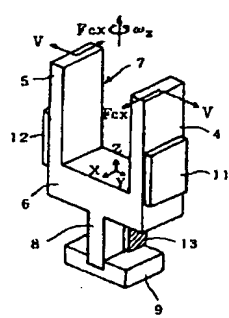
第 10 図



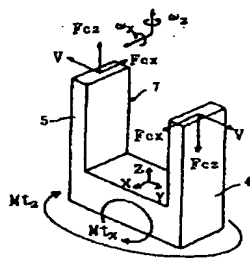
第 11 図



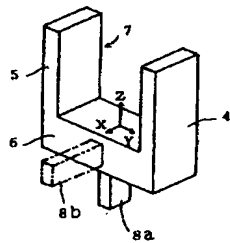
第 12 図



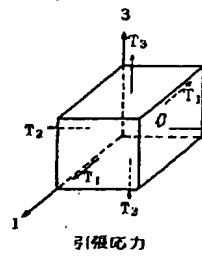
第 13 図



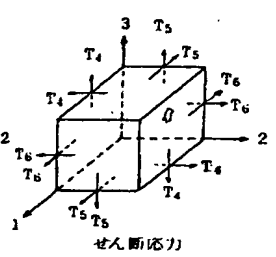
第 14 図



第 15 図



第 16 図



第 17 図

